

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2013

Antonín Pavelka

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Obnovitelné zdroje v distribučních sítích.
Renewable Power Source in Distribution Network.

OSTRAVA 2013

Antonín Pavelka

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se věnuje problematice obnovitelných zdrojů v distribuční síti. V první části je cílem této práce seznámení s typy obnovitelných zdrojů. V druhé části této práce, je způsob výpočtu úbytku napětí před a po připojení kogenerační jednotky.

ABSTRAKT

This thesis deals with the issue renewable power sources in distribution network. In the first part of this work to a brief introduction with type renewable power sources. In the second part of this work is away to calculation voltage drop with cogeneration unit and without cogeneration unit.

KLIČOVÁ SLOVA

kapacita sítí, obnovitelné zdroje elektrické energie, elektrizační soustava, kogenerační jednotka

KEYWORDS

network capacity, renewable energy sources electric power system, cogeneration unit

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratky:

AM	Spektrální složení světla
BPS	Bioplynové stanice
ČR	Česká republika
DS	Distribuční soustava
ES	Elektrizační soustava
EU	Evropská unie
HDO	Hromadné dálkové ovládání
KGJ	Kogenerační jednotka
MVE	Malá vodní elektrárna
NN	Nízké napětí
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PDS	Poskytovatel distribuční soustavy
PPDS	Pravidla Provozování Distribuční soustavy, nazývané též kodex DS
PS	Přenosová soustava
Rz	Rozvodna
VA	Voltampér
VE	Vodní elektrárna
VN	Vysoké napětí
VTE	větrná elektrárna
VVN	Velmi vysoké napětí

Symboly:

E	Energie
E_h	Polohová energie
E_p	Tlaková energie
E_x	Kinetická energie
H	spád
H_b	Hrubý spád
I	Proud
pH	Vodíkový exponent
Q	Průtok vody
U_n	Jmenovité napětí
ΔU	Úbytek napětí
P	Výkon
S_A	Zdánlivý výkon daného zařízení
S_0	Zdánlivý referenční výkon
V	Rychlost

W_p	Špičkový výkon
γ	Měrná tíže vody
η_g	Účinnost generátoru
η_t	Účinnost turbíny

Obsah

1. ÚVOD	1
2. Teoretický rozbor distribučních sítí nn a vn.....	2
2.1 Vývoj distribučních sítí	2
2.2. Návrh primární sítě vn.....	3
2.3. Řešení ustáleného chodu elektrické sítě.....	4
2.4. Výpočet ustáleného chodu sítí nn a vn.....	4
3. Obnovitelné zdroje	6
3.1 Fotovoltaika.....	6
3.1.1. Historie.....	6
3.1.2. solární systémy	6
3.1.3 Fotovoltaické systémy	7
3.1.4. Typy a výroba.....	7
3.1.5 Charakteristika solárního článku	8
3.1.6 Faktory ovlivňující výkon	9
3.1.7. Připojení k síti a jejich komponenty	9
3.1.8. Fotovoltaika v ČR	10
3.2. Vodní energie	10
3.2.1 Historie.....	11
3.2.2. Vodní elektrárny.....	11
3.2.3Výhody nevýhody vodní elektrárny	12
3.2.4. Výroba elektřiny ve vodních elektrárnách dle výkonu.....	13
3.3 Větrná energie	13
3.3.1 Základní typy větrných motorů a jejich rozdělení.....	13
3.3.2 Regulace větrných motorů	14
3.3.3 Větrná energie v ČR.....	14
3.4. Geotermální energie	15
3.5 Biomasa.....	16
3.5.1 Energie biomasy	16
3.6. Bioplynové stanice	17
3.6.1Bioplyn.....	17
3.6.2 Provoz bioplynové stanice.....	18
3.6.3. Dělení stanic	19
3.6.4 Kogenerace pomocí plynových spalovacích motorů.....	19
4. Zpětné vlivy	21
4.1. Změna napjetí v přípojném místě vlivem trvalého připojení OZE k DS	21

4.2. Změna napětí v přípojném místě při spínání nového zdroje	22
4.3. Generace flikru	23
4.4. Proudové vyšších harmonických	23
4.5. Vliv na Hromadné Dálkové ovládání (HDO).....	24
4.6. Limity připojitelnosti.....	24
5. Předpokládaný rozvoj VTE a FVE v ES ČR.....	25
6. Trendy OZE	26
6.1. Výpočet úbytku napětí na vedení s KGJ	26
7. Závěr	30
Seznam použité literatury:.....	31

1. ÚVOD

V Evropském parlamentu v roce 1997 byla schválena tzv. „Bílá kniha“, která podporuje obnovitelné zdroje energie jako náhradu za klasická paliva. Od té doby zaznamenává energetika nárůst výroby obnovitelných zdrojů v elektrizační soustavě ČR. Obnovitelné zdroje nabývají na čím dál větším významu, hlavně kvůli snaze Evropské Unie nalézt nové zdroje, které by pomohlo zvýšit nezávislost na fosilních palivech, kterých na území EU rychle ubývá a z toho vyplývá velká závislost evropských zemí na jejich inportu z politicky problematických zemí. To je také jeden z primárních cílů Evropské Unie, Česká republika se při svém vstupu do Evropské Unie zavázala zvýšit podíl výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Evropská směrnice od roku 2009 ukládá, že do roku 2020 by měla ČR zvýšit podíl obnovitelných zdrojů na celkové energetické spotřebě na 13%. Vláda ČR vydala roku 2005 Zákon o obnovitelných zdrojích, který garantoval provozovatelům přednostní vykoupení za pevně stanovenou cenu, případně bonusy za každou prodanou kilowatthodinu. Tyto výhody využilo hodně investorů, kteří provozují na našem území mnoho různých druhů obnovitelných zdrojů. Avšak ve větším počtu, některé obnovitelné zdroje dokáží razantním způsobem ovlivnit chod a stabilitu elektrické sítě.

Někteří odborníci považují potenciál obnovitelných zdrojů za hodně omezený. Jelikož Česká republika je vnitrozemský stát bez velkých řek a pohoří, proto připadají v úvahu jen dvě možnosti využití obnovitelných zdrojů k výrobě elektrické energie do elektrické sítě. V první řadě připadá v úvahu kogenerační jednotka spalující biomasu, která se téměř žádným způsobem neliší od klasických elektráren. Tento způsob neznamena pro chod elektrické sítě systémové operátory téměř žádný problém, způsob řízení je dlouhodobě zvládnutá. Ve druhé řadě je využití větrných elektráren a fotovoltaických elektráren. Tato diskutovaná skupina zdrojů přináší mnoho problematických faktorů a činitelům, který vychází z jejich zdroje energie: vítr, slunce a jejich nestálosti.

V poslední letech jsme nabyli zkušenosti s chováním velkého množství zdrojů s proměnlivou dodávkou výkonu připojených do elektrické sítě a je zřejmé že tato oblast má zcela neobvyklý charakter a je nutné ji věnovat obzvlášť v plánovací fázi větší pozornost.

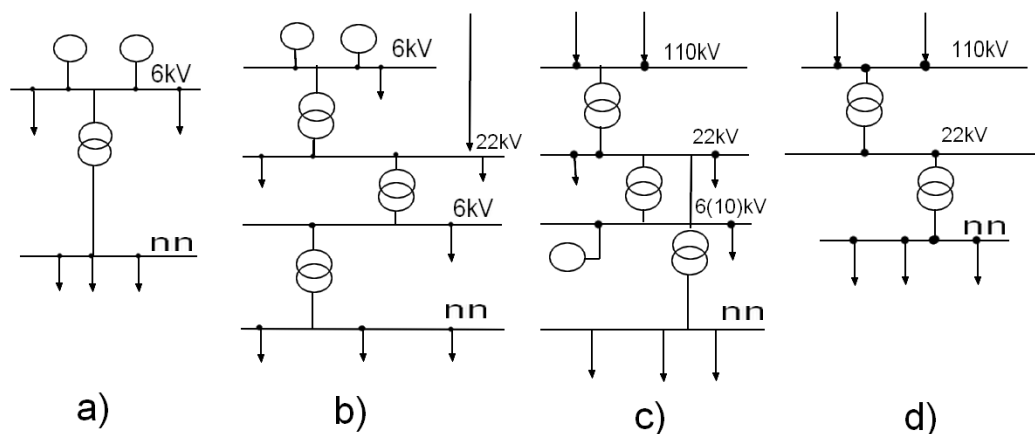
2. Teoretický rozbor distribučních sítí nn a vn

2.1 Vývoj distribučních sítí

Koncentrace obyvatel ve městech, zvyšoval pozornost v začátcích elektrifikace. Historicky se u nás započalo s výrobou elektrické energie v roce 1878 (stejnosemnný proud). Ve Střední Evropě bylo poprvé použito osvětlení v Brně v Městském divadle v roce 1882, poté v Národním divadle v Praze v roce 1889. První veřejná elektrárna byla postavena v Praze na Žižkově v roce 1889 F. Křížkem.

Rozvoj střídavé elektrizace započal okolo roku 1890. V Praze – Holešovicích byla postavena elektrárna na napětí 3 kV v roce 1898, v Brně v roce 1897. Střídavé systémy se rozvíjeli paralelně se stejnosměrnými a postupně je nahrazovali. Elektrifikace střídavým proudem u nás započala v roce 1918. Velkou zásluhou ESČ bylo prosazení v roce 1920 jmenovitých napětí 22-6-0,4 kV. Kvůli toho se zamezil rozvoj jiných napěťových stupňů (10, 15 kV) a sítě se staly přehlednější. V sítích nízkého napětí se začalo elektrifikovat s napětím 220/127 V, později se prosadilo 380/220 V a dnes normalizované napětí 400/230 V.

Ve městech jsou sítě vysokého napětí provedeny převážně pomocí kabelů, zatím co u venkovní sítě se prosadilo 22 kV spár výjimkami, rozvoj městských kabelových sítí byl podmíněn technologickými možnostmi výroby kabelů a hodnotou zatížení ve městech. Proto se u nás napětí kabelových sítí postupně zvyšovali. Z původních sítí 3 kV se přešlo na 6 kV, pak v současné době jsme na hladině 10 kV a 22 kV. Jelikož s nové napěťové stupně zavádějí dříve, než staré dožijí, objevovali se v městských aglomeracích sítě s několika stupni napětí vn.



Obr.2.1 Napěťové hladiny

Na obr. 2.1 je znázorněno nejjednodušší schéma pro první stupeň vývoje elektrizace. V dalším stupni rozvoje se objevovaly tři, čtyři a u velkých měst i pět stupňů napětí. (obr. 2.1 b, c). Dnešní koncept je opět zjednodušený a přechází na normalizované stupně napětí, jak je zakresleno na obr. 2.1 d.

Rozvoje spotřeby elektrické energie a zahušťování osídlení v městských aglomeracích přináší nové problémy. Objevují se stále nové problémy se spolehlivostí starých sítí, objevuje se potřeba větších transformačních jednotek. Proto se provádějí studie o hospodárném napájení městských aglomerací, optimálním počtu napěťových stupňů, optimální velikosti transformačních jednotek atd.

Z hlediska provedení se započalo s budováním paprskových radiálních sítí nn. Každý vývod z rozvodny je samostatný a není možné jej zálohovat. Tento způsob rozvodu laciný, ale zajišťuje malou spolehlivost dodávky. Při poruchách může být přerušení dodávky dosti dlouhé.

Postupným zahušťováním odběru ze sítě zahušťovaly a vznikaly sítě okružní. Jednotlivé paprsky sítí jsou vedeny tak, aby se daly navzájem propojit. Sítě jsou obvykle provozovány jako paprskové, ale při poruše v některém úseku lze velice rychle zajistit náhradní napájení. Další výhodou je možnost rovnoměrnějšího rozdělení zatížení na jednotlivé vývody. Obdobným způsobem lze provozovat i sítě vn.

Další zvyšování zatížení vedlo k budování zauzlených sítí, kdy síť je tvořena několika oky a vyskytuje se i více napáječů. Spojovací vedení mezi napáječi se často jistí tzv. pojistkami slabé vazby, nejlépe v místě kritického průřezu s poloviční jmenovitou hodnotou hlavních pojistek. Při poruše reaguje nejdříve pojistka slabé vazby a pak pojistka v hlavní stanici, čímž se odpojí jen část porušeného vedení.

Ve větších městech lze provádět mřížové sítě kde, je několik transformoven napájeno více napáječi vn. Kabelové vedení nn je v uzlech jištěno pojistkami s pomalou charakteristikou o stejné hodnotě, což zajišťuje vysokou selektivitu jištění sítě. Mřížové sítě zajišťují lepší využití transformátoru a vedení, zlepšení kvality napětí, zmenšení ztrát v síti nn a vznik tzv. zpětných napětí při poruchách.

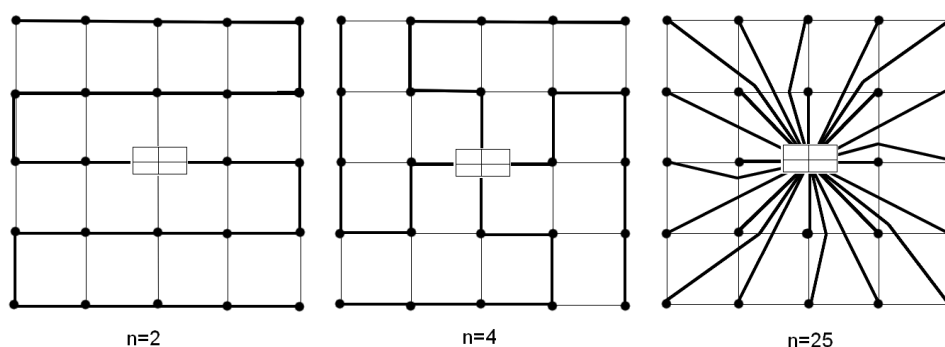
2.2. Návrh primární sítě vn

Délka kabelu sítě vn závisí na počtu připojených transformačních stanic. Např. pro plochu 1 km^2 s mřížovou sítí s $a=200\text{ m}$ je počet transformačních stanic 25. Tyto stanice lze z napájecí stanice připojit pomocí 2 až 25 vývodů, jak je naznačeno na obr 2.1.

Při rozboru byla hledána závislost délky vodičů vn na počtu ok m_T nebo na počtu napáječů n_T . Pro pravděpodobný počet 20 transformačních stanic na 1 km^2 lze stanovit délku napáječů L .

$$L = 1,2 \cdot n_t \cdot t$$

Kde t - vzdálenost transformačních stanic



Obr 2.1. Napájení transformačních stanic

Uvážíme-li, že napájecí uzly nebývají ideálně uprostřed, dále prodloužení délky pro terénní překážky, ztráty kabelů pro jejich zahuštění, lze odhadnout prodloužení asi o 35%, takže celková délka kabelů vn bude:

$$L = 1,35 \cdot 1,2 n_t \cdot t = 1,6 \cdot n_t \cdot t$$

Vzdálenost transformačních stanic t závisí na vzdálenosti ulic a na počtu ok. Jejich závislost lze vyjádřit

$$t = a \cdot \sqrt{1,8 \cdot m_T}$$

2.3. Řešení ustáleného chodu elektrické sítě

Při normálním provozu elektrické sítě je zapotřebí znát základní údaje v jednotlivých částech elektrické sítě (toky činných a jalových výkonů, napětové poměry v uzlech přenosové ztráty). Vypočtené údaje ustáleného chodu elektrické sítě slouží pro návrh dalšího rozvoje elektrizační soustavy, pro optimalizační výpočty a jsou jako výchozí podklady pro řešení přechodných stavů elektrických sítí.

Při řešení ustáleného chodu provádíme obvykle určité zjednodušení elektrické sítě. Elektrická vedení se nahrazují náhradními články, transformátory se nahrazují T nebo Π články. U úřičných admitancí se obvykle uvažují kapacity nebo se úplně zanedbávají a vedení se nahrazuje pouze podélnou impedancí.

Trojfázová síť se obvykle předpokládá lineární s jedním kmitočtem, souměrná v parametrech, zdrojích i spotřebičích a proto se řeší jednofázově.

Odběry lze nahradit:

- a) impedancí nezávislou na napětí
- b) proudem nezávislým na napětí
- c) výkony nezávislými na napětí
- d) výkony závislými na napětí

Náhrada dle a) se používá např. při stejnosměrném modelu, náhrada dle b) v sítích nn a vn, náhrada dle c) v sítích vvn.

Při sestavování základních rovnic lze užít obecných metod analýzy elektrické sítě. V praxi se nejčastěji používá metoda uzlových napětí pro jednoduchý algoritmus sestavování uzlové matice.

2.4. Výpočet ustáleného chodu sítí nn a vn

Při řešení těchto sítí jsou zadány odebírané a dodávané proudy do uzlů elektrické sítě, výpočet ustáleného chodu se řeší jako lineární úloha. Za předpokladu, že parametry všech prvků jsou přepočítány na jedno společné napětí, můžeme síť popsat s použitím metody uzlových napětí soustavou rovnic

$$[I] = [Y] \cdot [U]$$

Kde \bar{I} jsou zadané proudy

\bar{U} jsou neznámá uzlová napětí

\bar{Y} jsou prvky uzlové admitanční matice

Soustavu rovnic můžeme napsat ve tvaru

$$\bar{I}_i = \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, n$$

Kde n je počet uzlů elektrické sítě.

Referenční uzel označíme O .

Jelikož neuvažujeme u elektrické sítě příčné admitance, tj. referenční uzel není vodivě spojen se žádným z uzlů, pak matice $[\bar{Y}]$ je singulární, tj. soustava rovnic je navzájem závislá. Závislost odstraníme eliminací, tzv. bilančního uzlu.

Bilanční uzel, ve kterém známe napětí, vyrovnává bilanci mezi dodávkami a odběry. Obvykle mu přiřazujeme index 1.

Rovnici můžeme napsat do rozšířeného tvaru

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_1 \\ \bar{I}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{11} & \bar{Y}_{1a} \\ \bar{Y}_{a1} & \bar{Y}' \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \bar{U}_1 \\ \bar{U}' \end{bmatrix}$$

Po roznásobení

$$\bar{I}_1 = \bar{Y}_{11} \cdot \bar{U}_1 + [\bar{Y}_{1a}] \cdot [\bar{U}']$$

$$[\bar{I}'] = [\bar{Y}_{a1}] \cdot \bar{U}_1 + [\bar{Y}'] \cdot [\bar{U}']$$

Nebo jinak

$$\bar{I}_i = \bar{Y}_{i1} \cdot \bar{U}_1 + \sum_{j=1}^n Y_{ij} \cdot U_j$$

Admitanční matice $[\bar{Y}']$ je už regulární, takže soustava rovnic má jednoznačné řešení. Soustavu rovnic můžeme řešit např. inverzí admitanční matice $[\bar{Y}']$ a tím stanovit neznámá uzlová napětí.

3. Obnovitelné zdroje

Pod pojmem Obnovitelný energetický zdroj se myslí využitelný zdroj energie, jehož energetický potenciál se obnovuje přírodními procesy. Jedná se tedy o energii produkované sluncem, větrem, vody, biomasou.

3.1 Fotovoltaika

Tato technologie má velký růstový potenciál a časově neomezenou výrobu elektrické energie. Tyto výhody pochopilo již mnoho vyspělých zemí na světě včetně zemí Evropské unie, snaží se fotovoltaiku podporovat a v delším časovém horizontu jí přisuzují nezastupitelné místo ve výrobě energie. Důležitost těchto systémů se zvyšuje důsledkem k narůstající energetické závislosti, hrozící energetické krizi, bezpečnostním a ekologickým otázkám standardního způsobu výroby energie a mnoha dalším nepříznivým vlivům současné energetiky. Po odstranění některých omezení a problému těchto systémů, hlavně ekonomických, lze je považovat jako možné z dostupných řešení .

Jedná se o přímé využití sluneční energie. Sluneční energii můžeme považovat za téměř nevyčerpatelný obnovitelný zdroj, který je schopný dlouhodobě pokrýt energetické potřeby lidstva bez záporných následků. Fotovoltaické systémy jsou nejčistší formou získávání ekologicky nezávadné energie.

3.1.1. Historie

Slovo fotovoltaika pochází ze dvou řeckých slov φώς [phos](což znamená světlo) a ze jména italského fyzika Alessandra Volty. Objev fotovoltaického jevu se pak přikládá Alexandru Edmondu Becquerovi, který jej odhalil při experimentu v roce 1839. Tímto jevem se zabýval i Albert Einstein, jenž tento jev fyzikálně popsal v roce 1904. Správnost principu fotovoltaického jevu experimentálně prokázal Robert Millikan.

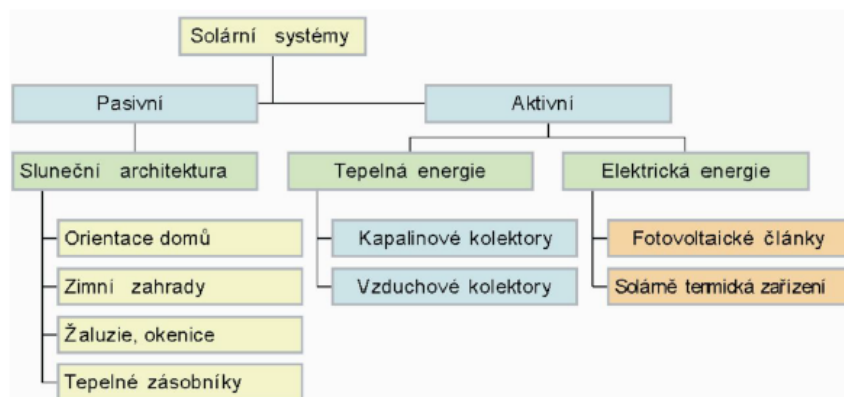
Začátky pokusů s fotočlánky začali v 70 letech 19 století, kdy byly poprvé zpozorovány změny vodivosti selenu při jeho osvětlení. V roce 1883 byl zkonstruován Charlesem Frittsem první fotočlánek , který měl účinnost pod 1%. První patent na solární článek byl podán v roce 1946 Russellem Ohlem, který byl na začátku vývoje křemíkových solárních článků. V letech 1954 v Bellových laboratořích, byl vytvořen první fotovoltaický článek (krystalický křemík) s účinností 6%.

Díky kosmickému výzkumu v 60 letech 20 století, dochází k intenzivnějšímu vývoji fotovoltaiky, kde jsou sluneční články použity pro získání energie pro družice. První družice která využívala této technologie byl ruský Sputnik 3, vypuštěn 15. května 1957. Velkým stimulantem ve vývoji fotovoltaiky, byla také celosvětová ropná krize v letech 1973. V současnosti je použití fotovoltaiky velmi rozmanité.

3.1.2. solární systémy

Solární systémy , dle jejich realizace využití solární energie, lze rozdělit na 2 základní druhy:

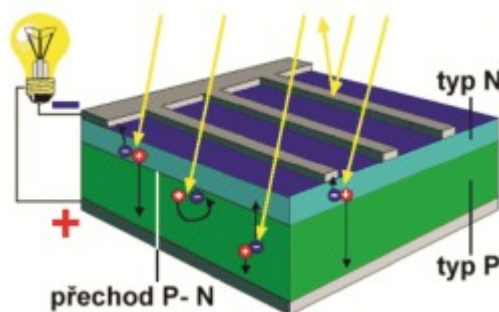
- pasivní systémy -smyslem je konstrukční řešení, napomáhající využít sluneční potenciál a zmenšit energetické ztráty.
- aktivní systémy- jsou to zařízení nebo jejich soubory, jenž jsou hlavně určeny k přeměně solární energie na tepelnou nebo elektrickou energii.



Obr. 3.1. Rozdělení solárních systémů

3.1.3 Fotovoltaické systémy

Jedná se vlastně o velkou diodu tzn. velkoplošný PN přechod, ve kterém se uvolňují některé elektrony z krystalové mřížky při dopadu záření, tím pádem vznikají volné elektrony a díry. Elektrické pole tyto nosiče náboje oddělí, takže elektrony se nahromadí na horní straně polovodiče typu N a přebytek děr vznikne na spodní straně polovodiče P. Když propojíme obě strany článku, bude obvodem protékat proud- elektrony se budou pohybovat ,aby zaplnily díry a tím vyrovnaly rozdíl potenciálů. Toto je skutečný směr toku proudu, zatímco dohodnutý směr je opačný. Množství elektronu tekoucích obvodem je stejné jako množství elektronu uvolněných v PN přechodu díky ozáření. Elektrický proud je proto lineárně úměrný množství dopadajícího záření. Pro shromažďování a odvod náboje je přední strana článku pokryta kontaktní mřížkou a zadní strana je celá z kontaktního materiálu.



Obr. 3.2. Znázornění průběhu fotoelektrického jevu na PN přechodu

Záření, které způsobuje uvolnění elektronu v polovodiči, musí mít potřebnou energii. Jakou energii potřebujeme závisí na použitém polovodiči, pro křemík je potřeba energie 1,1 eV, jenž odpovídá záření o vlnové délce 1100 nm.

Běžný fotovoltaický článek má účinnost v rozmezích 15 – 18 %, sice při generaci proudu se využívá jen fotonu s kratší vlnovou délkou, ale jejich energie není plně využita, jelikož 1 foton vybudí jen jeden elektron a zbylá energie způsobuje zahřívání článku. Kvůli těmto faktorům nedosáhne křemík účinnost vyšší než 55%, ale kvůli dalším ztrátám v článku je nedosažitelná. Výkon článku by po 25 letech provozu neklesne pod hodnotu 80%.

3.1.4. Typy a výroba

Nejčastějším materiálem pro výrobu solárních článků je křemík. Kvůli obsahu křemíku v zemské kůře, která činí 30%, není problém si tento materiál obstarat, proto přes 90% běžně

dostupných článků je z tohoto materiálu. Problém nastává při získání křemíku v čisté podobě, která je pro výrobu článku nutná, z toho vyplývá že se snažíme vynaložit co nejméně energie na jejich zpracování. Pro výrobu článku se používá odpadového křemíku z výroby polovodičových součástek, to znamená že ho není pro rychle se rozvíjející výrobu solárních panelů dostatek.

Články z křemíku:

- Monokrystalický křemík – má velkou účinnost na přímém slunečním světle. Celková účinnost se pohybuje okolo 14 až 17%. V laboratorních podmínkách až 25%.
- Polykystalický křemík – velmi často používaný v tuzemských instalacích. Články mají účinnost do 16% a v laboratorních podmínkách dosahují až do 20%.
- Amorfni křemík – má malou účinnost okolo 5 – 7%, ale dokáže lépe než ostatní využívat i difuzní záření. Abychom dosáhli větší účinnosti se tenhle materiál dá použít ve více vrstvách, tím můžeme účinnost zvýšit až na 12%.

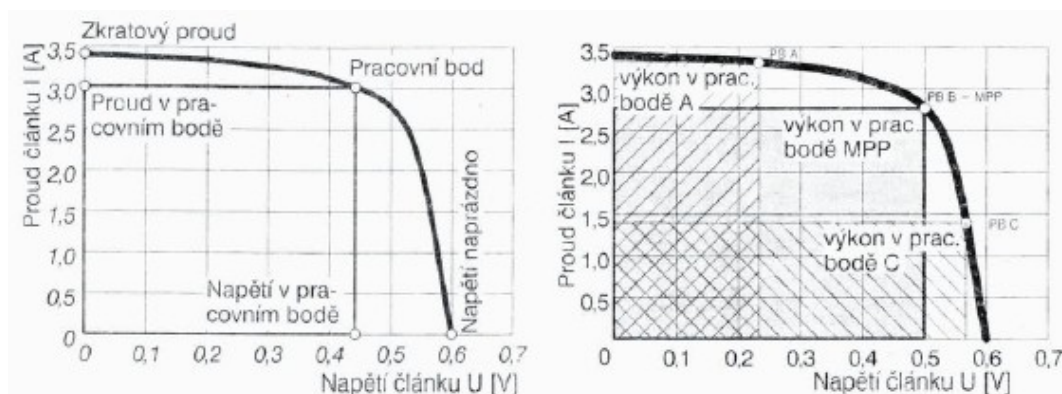
Články z jiných materiálů:

- galium arsenid – GaAs – tento článek se používá s příměsemi např. fosfor, indium, germanium. Jsou z něho vyráběny solární články s více PN přechody, jenž pracují se širším spektrem slunečního záření. Dosahovaná účinnost při laboratorních podmínkách je 40,7%.
- telurid kadmia – CdTe – Běžné vyráběné modely dosahují účinností 8% a v laboratořích 16%.
- diselenid mědi a india – CuInSe₂ – V laboratořích dosahují účinnosti až 18%, ale jejich komerčnímu rozšíření brání zatím vyšší cena.

3.1.5 Charakteristika solárního článku

Nejčastěji používanou charakteristikou solárního článku je voltampérová charakteristika, kde proud nakrátko udává maximální hodnotu proudu, kterou je článek schopen při daném ozáření dodat. Většinou se pohybuje v rozsahu 3 – 6 A, v závislosti na typu článku a jeho ploše. Napětí naprázdno udává maximální napětí na solárním článku bez připojené zátěže. U monokrystalických článků je asi 0,6 V.

Pracovní bod je bod na charakteristice ve, kterém článek aktuálně pracuje. Jeho poloha je závislá na parametrech zátěže. Výkon v pracovním bodě lze vypočítat jako součin napětí a proudu v pracovním bodě.



Obr. 3.3. Voltampérová charakteristika a MPP solárního článku

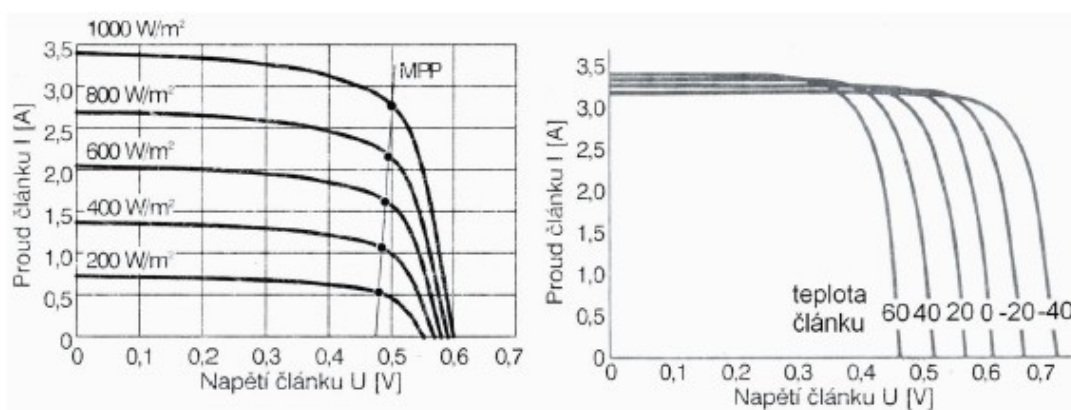
V místě ohybu voltampérové charakteristiky se nachází pracovní bod tzv. MPP (Maximum Power Point). V tomto bodě má výkon maximální hodnotu, proto se snažíme solární články provozovat právě v tomto bodě.

3.1.6 Faktory ovlivňující výkon

Na výkon má největší vliv intenzita dopadajícího paprsku, jelikož vyvolává pohyb elektronu. Proud článku roste úměrně s ozářením. Napětí roste mírně.

Na proud a napětí článku má teplota opačný efekt. Když teplota stoupá tak roste i proud, zatímco napětí klesá. Poněvadž je pokles napětí intenzivnější než růst proudu, zmenšuje se výkon článku přibližně o $44\% \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$. Z toho vyplývá že hlavně v teplejších oblastech musíme instalovat více článků pro dosažení stejného napětí a výkonu, který dosahujeme v chladnějších oblastech.

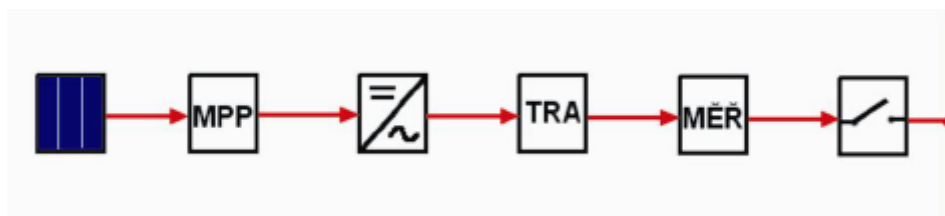
Další zásadní vliv na výkon článku má také spektrální složení světla. Aby se dali moduly a články mezi sebou účinně porovnávat, tak se provádí měření výkonu při intenzitě dopadajícího záření $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, při teplotě okolí 25°C a spektrálnímu složení světla odpovídajícímu $\text{AM}=1,5$. Tento naměřený výkon je stanoven jako špičkový výkon, který se označuje W_p .



Obr. 3.4. Vliv ozáření a teploty solárního článku na VA charakteristice

3.1.7. Připojení k síti a jejích komponenty

Panely se pro dosažení vyššího napětí zapojují do série. Poté je dalším komponentem systému sledovač MPP. Jehož úkolem je zajistit, aby fotovoltaické pole pracovalo vždy v bodě maximálního výkonu, abychom využili co nejvíce dostupné energie. Tento sledovač už bývá obsažen v moderních měničích.



Obr 3.5. Blokové schéma solárního systému připojeného k síti

Další důležitou součástí systému je střídač, jeho smyslem je vytvořit ze stejnosměrného napětí o proměnlivé velikosti střídavé napětí nejčastěji 230 V s kmitočtem 50 Hz. Využívají se speciální polovodičové střídače, mají velké rozmezí vstupního napětí, obvykle 200 – 400 V. Tyto měniče také podléhají normám v oblasti tvaru křivky, velikosti vstupního napětí, zkreslení a další.

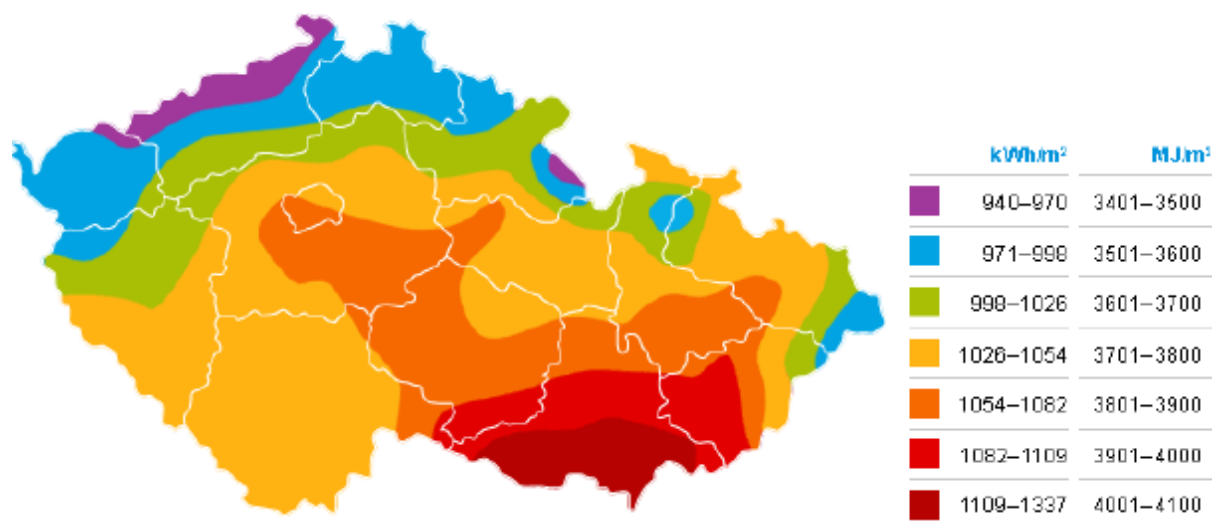
Střídač je schopen se sám přirázovat k síti a v případě poruchy se sami odpojí. Měníče mají velmi vysokou účinnost až 97%, ale jen v případě jsou-li zatíženy těsně pod maximem. Proto se využívá vyšší počet měničů o menším výkonu, které se podle aktuálního výkonu připojují a odpojují. Životnost měničů je kolem 10 a 15 roky.

Za měničem se nachází transformátor, který zvyšuje napětí na požadovanou hladinu. Za ním se nachází elektroměr, který měří dodanou energii a spínač připojení do sítě.

3.1.8. Fotovoltaika v ČR

V České republice je dostupnost solární energie ovlivněno mnoha okolnostmi. Mezi které patří hlavně zeměpisná šířka, roční doba, oblačnost a lokální podmínky, sklon plochy, na které sluneční záření dopadá.

Celková doba slunečního svitu se u nás pohybuje většinou mezi 1400 – 1800 hodinami ročně. Ročně dopadne na naše území energie průměrně $1081 \text{ kWh} \cdot \text{m}^2$. V našich podmínkách je standardní statický fotovoltaický systém s výkonem 1 kW_p je schopen vyprodukovat 900 – 1000 kWh elektrické energie ročně. Z tohoto množství 75% v době od dubna do října a 25% ve zbývajících částech roku.



Obr. 3.6. Celková roční dopadající energie na horizontální rovinu

Jak je patrné na Obr. 3.6, je rozhodujícím faktorem zeměpisná šířka. Rozdíl v množství dopadající energie mezi místem s nejlepší a nejhorší polohou je přibližně 17 %.

3.2. Vodní energie

Využívání energie vody ve vodních tocích, jako energetický zdroj je velmi ve světě rozšířený a dnes zcela běžně používaný OZE. Aby byl zaručen neustálý koloběh velkého množství vody, je zapotřebí sluneční energie, která pracuje jako pohánecí síla. Energie vody se využívá pomocí mnoha druhů a velikostí vodních děl. Na vodních tocích se využívá kinetická energie proudící vody.

K využití energie proudící vody jsou používány rovnotlaké vodní stroje založené na rotačním principu. Další variantou je využití energie potenciální, která je způsobena gravitací působící na vodu. Principem je vybudování vodního díla na kterém je vytvořen výškový rozdíl

mezi hladinou pod a nad vodní zádrží. Výškový rozdíl obou hladin způsobí v přiváděči postačující tlak k roztočení rotoru turbíny.

3.2.1 Historie

Využívání Vodní energie je znám už od starověku. Nejdřív sloužila k dopravě (plavba lodí, vorů a dřeva po proudu řeky), poté se využívala k pohonu mechanismu jako mlýnů a pil

K rozšíření jejího využívání v Evropě došlo v období středověku hlavně díky mnišským řádům, jejichž kláštery ji nejen hojně využívaly, ale také si mezi sebou předávali jejich vylepšení zlepšující efektivitu.

V USA v roce 1882 byla ve městě Appleton ve státě Wisconsin postavena první vodní elektrárna. Dnes je vodní energie převážně využívána k výrobě elektrické energie.

3.2.2. Vodní elektrárny

Energii kterou můžeme využít závisí na výškovém rozdílu dvou různých vodních hladin a na množství protékající vody. Abychom byli schopni využít energii toku musíme uměle vytvořit výškový rozdíl hladin. Toho se dosahuje tzv. vzdutím vody. Toto se provádí vytvořením nižších jezů nebo vyšších přehrad. U přečerpávacích vodních elektráren bývá obvykle vzdutí navíc doplněno o výše položenou nádrž, která může být umístěna i mimo od původního vodního toku.

Voda v přírodě je nositelem mechanické, tepelné a chemické energie. Z technického hlediska má primární význam mechanická energie vodních toků, neustále obnovovaných koloběhem vody v přírodě. Vodní energie toku je formou mechanické energie, která se může projevit jako:

1. potenciální energie
 - polohova $E_h = m \cdot g \cdot H$
 - tlaková $E_p = m \cdot \frac{p}{\rho}$
2. kinetická energie $E_x = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

kde: E -energie, m -hmotnost, g -gravitační zrychlení, H -výškový rozdíl, p -tlak, ρ -hustota vody, v -rychlost vody

Celková energie říčního toku tvoří

- a) energie, která se spotřebuje na překonání odporu proudění vody,
- b) energie, která se spotřebuje na deformaci koryta,
- c) energie, která se spotřebuje na odnášení splavenin,
- d) kinetická energie toku

Vodní elektrárny využívají kinetickou nebo potenciální energii vodních toků. Pro výkon vodního toku platí:

$$P = \gamma \cdot Q \cdot H = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 9810 \cdot Q \cdot H$$

Anebo

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H$$

Kde Q -Průtok vody, H -spád, γ -měrní tíže vody

Vodní elektrárna využívá v turbínách průtokový objem vody. Spád se kterým pracují vodní elektrárny je vždy menší než hrubý spád H_b . Hrubý spád je daný rozdílem vodních hladin na začátku a na konci využívaného úseku řeky. Užitečný spád H_u je výškový rozdíl mezi celkovou výškou a vstupem a výstupu turbíny.

Výroba elektrické energie ve vodní elektrárně je doprovázena ztrátami, které vznikají jak v turbíně tak v generátoru

Odebíraný výkon ze svorek alternátoru se je:

$$P_{sv} = 9,81 \cdot Q_t \cdot H_u \cdot \eta_t \cdot \eta_g$$

Kde η_t -účinnost turbíny, η_g -účinnost generátoru

Vodní elektrárny můžeme dělit na:

- vodní elektrárny
- malé vodní elektrárny
- přečerpávací vodní elektrárny
- přílivové elektrárny

Typy vodních turbín:

- Bánkiho
- Přímoproudá
- Kašnová
- Spirálová
- Násosková

3.2.3 Výhody nevýhody vodní elektrárny

výhody

- energie vodních toků se počítá k obnovitelným zdrojům - nelze ji vyčerpat. Zároveň její provoz minimálně znečišťuje okolí.
- Vodní elektrárny vyžadují minimální obsluhu i údržbu a lze je ovládat na dálku.
- Mohou startovat během několika sekund a dispečink je tak může používat jako špičkový zdroj k pokrytí okamžitých nároků na výrobu elektrické energie.
- Přehradní hráz dokáže zabránit i menším povodním, velké katastrofální povodně však ovlivňuje velmi málo
- Přehradní jezera mohou sloužit i pro jiné další účely, zejména pro rekreační účely nebo jako zdroje pitné či užitkové vody čili pro vodohospodářské účely, často bývají vhodné i pro říční rybolov

nevýhody

- značná cena a čas výstavby a nutnost zatopení velkého území
- závislost na stabilním průtoku vody
- přehradní hráze a jezy brání běžnému lodnímu provozu na řece, je nutno vybudovat systém plavebních komor resp. zdymadel
- přehradní hráze a vyšší jezy brání tahu ryb, je nutno vybudovat systém cest pro ryby

- riziko havárie

3.2.4. Výroba elektřiny ve vodních elektrárnách dle výkonu

Na hrubé spotřebě elektrické energie se podílejí obnovitelné zdroje přibližně 3%. Hlavně k tomu přispívá využití vodní energie. Na nainstalovaný výkon se podílejí přibližně ze 17%. Po technické stránce má Česká republika využitelný potenciál vodního toku přibližně 3 380 GWh/rok. Z toho na malé vodní elektrárny připadá 1 570 GWh/rok. Momentálně je na území ČR okolo 1400 MVE, které mají instalovaný výkon 275MW a roční výrobou elektrické energie 700 GWh.

3.3 Větrná energie

Kvůli dopadajícímu slunečnímu záření, dochází k ohřívání vzduchu v blízkosti povrchu země. Kvůli rozdílu oslunění v různých oblastech dochází k teplotním rozdílům. Dopad těchto rozdílů se projeví jako horizontální proudění vzduchu, známé jako vítr. Kdysi byla tato energie hojně využívána v hospodářských činnostech. Dnes pomocí větrných turbín je tato energie využívána převážně pro energetické účely.

V Evropě probíhá rychlý vývoj průmyslu větrné energie a má velmi pevné místo ve světovém trhu, třeba v Německu v tomto odvětví pracuje více jak 45 000 lidí. Taktéž byl zaznamenán pokrok v technologické části, který vede k větším větrným generátorům a ke snížení nákladu na výrobu. Začátkem devadesátých let dvacátého století byly stavěny 200kW jednotky s rotorem o průměru 35 m, v roce 2000 se začali hojně objevovat jednotky o výkonu 900kW. V současné době jsou stavěny větrné elektrárny s výkony kolem 3,5 MW. Důraz se také klade na snížení zvukových emisí produkované rotory. Většina soustrojí větrných elektráren jsou osazeny asynchronními motory bez převodovky.

Ve vývoji se dává velký důraz na snížení počtu dílů a redukci hmotnosti listu rotoru při nesnížení jejich pružnosti. Důležité je také zpřesnit předpovědi povětrnostních podmínek.

3.3.1 Základní typy větrných motorů a jejich rozdělení

Za nejdůležitější způsob dělení větrných motorů je nutné předpokládat aerodynamický princip, jež má pro činnost větrného motoru největší význam. Podle něj dělíme větrné motory na:

a) odporové,

b) vztlakové.

Větrné motory pracující na odporovém principu patří mezi nejstarší. Mohou mít vodorovnou i svislou osu. Princip jejich funkce vychází z aerodynamického odporu, jež je kladen větru nastavenou plochou. Tato plocha zpomaluje proud vzduchu, při současném vyvozování síly, jež je mechanicky přeměňována na rotační pohyb. Pro dosažení výchozího místa odporovou plochou je možné provést následujícími způsoby:

- funkční plocha má takový tvar, aby byl její odpor různý při různých směrech pohybu. Příkladem takového motoru je miskový anemometr. Miskovitá strana má proti vypouklé straně misky 3,5-krát vyšší odpor. Síla otáčející motorem je tedy dána počtem a natočením misek na rotoru. Na podobném principu je založen také Savoniův rotor. Kulové misky jsou však v tomto případě nahrazeny plochami válcovými; nejčastěji dvě poloviny válcové plochy s kruhovou základnou vzájemně přesazené. Vyskytují se i prismatické motory tvarované do otevřeného písmene S. Tyto motory však nepřinášejí žádné zvláštní výhody.

- Část rotoru, která se pohybuje proti směru větru, je kryta štítem, který se musí podle směru větru natáčet. Existuje jak ve vertikálním tak i horizontálním provedení.
- Mění se velikost plochy rotoru vystavená větru podle toho, zda se pohybuje v jeho směru či ve směru opačném. Vyžaduje samočinné natáčení lopatek rotoru či ovládací mechanismus pro řízené natáčení. Tento princip se vyskytuje již u starých čínských větrných motorů.

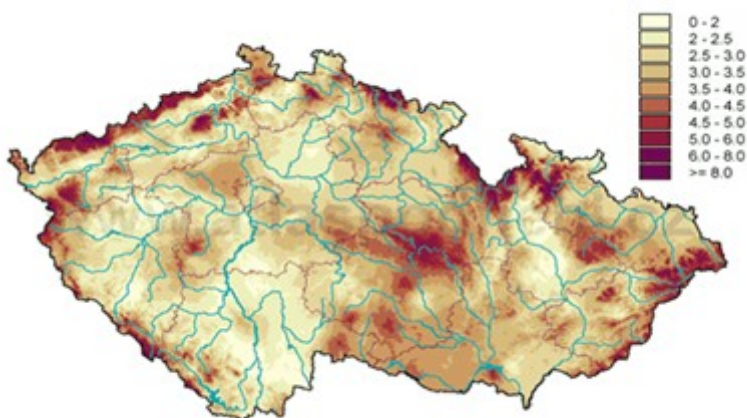
3.3.2 Regulace větrných motorů

Vzhledem ke značně proměnlivým rychlostem větru, musí být větrné motory chráněny proti překročení maximálních bezpečných otáček, v mnoha případech pak jsou omezeny otáčky i výkon pracovního stroje. Podle provedení rotorů existují v podstatě dvě základní skupiny regulačních principů:

- pro rotory s pevnými lopatkami nebo listy – regulace či odstavení rotoru z provozu probíhá na základě natáčení rotoru pomocí čepu, čímž se snižuje jeho výkon, až do okamžiku vytočení 90° oproti směru větru, kdy výkon větrného motoru je nulový.
- Vrtule s natáčivými listy – jak už z názvu vyplývá, používají k regulaci natáčení vrtulových listů. Tento princip zajišťuje chod větrného motoru při konstantních a málo proměnných otáčkách v relativně velkém rozsahu rychlostí větru, aniž by se výrazně měnila jeho účinnost.

3.3.3 Větrná energie v ČR

Když rychlost větru je větší než 5m/s, tak se jedná o potenciální místo pro využití větrné energie. Tato místa se zpravidla nachází na našem území v pohraničních horských oblastech, kde také musíme dbát na ochranu přírody, proto rozvoj VTE je velmi omezen. Průměrná rychlost větru v ČR je patrná na Obr. 3.7.



Obr. 3.7.. Průměrná rychlost větru na území ČR

Rozvoj větrné energetiky se po roce 1989 rozvíjel kladně a to tím způsobem že do roku 1995 bylo na území ČR vybudováno 26 větrných elektráren o výkonu 50kW, které dosahovali okamžitého výkonu až 8220 kW. Ale v následujících letech došlo k razantnímu poklesu funkčních větrných elektráren až téměř na polovinu. Příčinou byli pravděpodobně špatně zjištěné povětrnostní podmínky, nevyhovující podmínky pro připojení do distribuční sítě, průtahy v majetkoprávních vztazích.

Až v první polovině roku 2003 přestal vývoj větrné energetiky stagnovat, kvůli realizaci projektu v Jindřichovicích pod smrkem, kde byli postaveny dvě větrné elektrárny s výkonem po 600kW. V druhé polovině roku 2003 se množství VTE zase zvětšil a tím se zvětšil instalovaný výkon o 4,2 MW než v roce 2002. Dnes je přibližná roční výroba 5 GWh elektřiny z větrných elektráren.

3.4. Geotermální energie

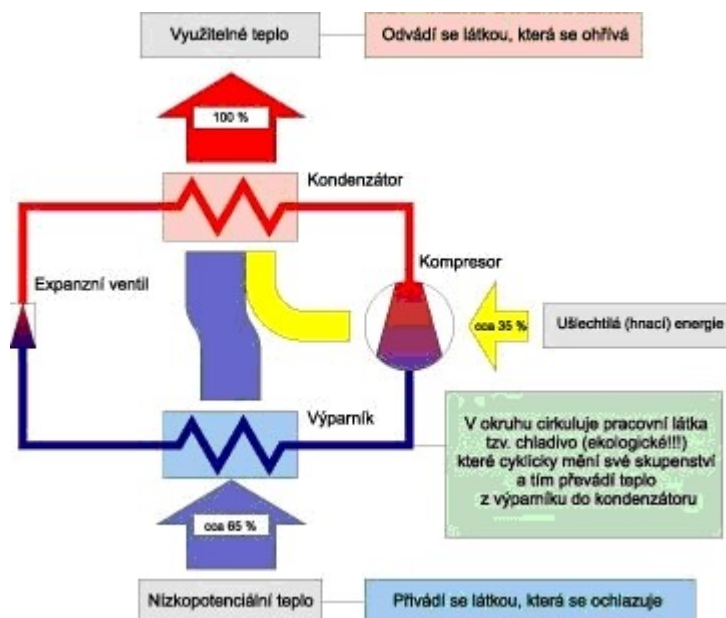
Kvůli pochodům v zemské kůře, dochází ke vzniku geotermální energie, která je vázaná jako teplo na suchých horninách nebo na geotermální vody. Často je voda ohřátá tak že je vhodná k přímé spotřebě.

Geotermální vody jsou přírodní podzemní vody, které jsou zahřáté zemským teplem, že jejich teplota po výstupu na zemský povrch je vyšší než průměrná roční teplota vzduchu v daném místě. Geotermální vodu rozdělujeme do tzv. nízkoteplotních a vysokoteplotních tříd. Pro přímé energetické použití se hodí nízkoteplotní třídy a to konkrétně třída:

- a) 30 – 70 °C
- b) 70 - 100°C

Pro získání této vody je většinou nutné provést hlubinný vrt. Některé vody jsou kategorizované jako vody lázeňské. Jejich čerpání jen pro energetické využití se neprovádí. Teplo v suchých horninách se odčerpává pomocí suchých vrtů, ve kterých jsou umístěny trubkové kolektory. Také se používá čerpání povrchové vody a její opětovné vyčerpávání. Tento systém se využívá při dvou nebo více vrtech.

Geotermální teplo se momentálně uplatňuje jen v omezeném množství a v lázeňství. Na území ČR přímé využití geotermální energie ve velkém měřítku není možný a připadá jen v úvahu v podobě tepelných čerpadel.



Obr. 3.8. cirkulace pracovní látky

3.5 Biomasa

Biomasa se rozumí biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), lesnictví a souvisejících průmyslových odvětví, a rovněž biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu. Biomasa je v podmínkách České republiky velmi perspektivním obnovitelným zdrojem energie. Zatímco využitelná kapacita vodních toků pro získávání energie je již téměř vyčerpána a pro využití větru nemáme tak dobré podmínky jako jiné evropské země, biomasu lze využít ve všech moderních tepelných elektrárnách. Podíl biomasy v palivu může činit až 25 procent.

Pro energetické účely se používají pro tento účel pěstované rostliny, ale také lze použít zbytek z lesní, potravinářské nebo zemědělské produkce.

1. *Odpadní biomasa*

- Rostlinné odpady ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny - řepková a kukuřičná sláma, obilná sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin a náletových dřevin, odpady ze sadů a vinic, odpady z údržby zeleně a travnatých ploch;
- Lesní odpady – jedná se o část odpadu při těžbě dřeva (pařezy, kořeny, kůra, vršky stromů, větve, šišky);
- Organické odpady z průmyslových výrob - spalitelné odpady z pil (odřezky, piliny, hobliny, kůra), odpady z provozů na výrobu a skladování rostlinné produkce (cukrovary), odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, konzerváren;
- Odpady ze živočišné výroby - hnůj, kejda, zbytky krmiv, atd.;
- Komunální organické odpady - kaly, organický tuhý komunální odpad (TKO).

2. *Biomasa záměrně produkována k energetickým účelům*

- Dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty);
- Obiloviny (celé rostliny);
- Travní porosty (sloní tráva, chřastice, trvalé travní porosty);
- Ostatní rostliny (konopí seté, čirok, křídlatka, šťovík krmný, sléz topolovka);
- Olejnaté - řepka olejná, slunečnice, len,

3.5.1 Energie biomasy

Rostliny kvůli fotosyntéze pohlcují solární energii, která je poté následně energií biomasy. Využívají se rostliny pěstované pro tento účel přímo na poli, nebo se získává nepřímo jako odpad z domácností a průmyslu. Jedná se o jediný nefosilní zdroj, který může v určité míře nahradit fosilní paliva v dopravě, pro ohřev či výrobu elektřiny.

Už dnes technologie spalování biomasy je konkurence schopná oproti ropě. Hlavně v vzdálených místech kde se nachází dřeviny a kde mohou být spáleny v malých elektrárnách. Taktéž se tato technologie uplatňuje v příměstských oblastech kde spalováním odpadu ušetří za náklady na jejich uskladnění a dopravu. Tyto technologie jsou částečně podporovány EU běžnými ekonomickými nástroji.

Typ biomasy	Celková energie		Teplo	Elektřina
	%	PJ	GWh	
Dřevo a dřevní zbytky	24,0	33,1	25,2	427
Sláma z obilovin a olejnatých rostlin	11,7	15,7	11,9	224
Energetické zařízení	47,1	63,0	47,7	945
Bioplyn	16,3	21,8	15,6	535
Celkem	100	133,6	100,4	2231

Obr. 3.9. Energie paliv biomas

3.6. Bioplynové stanice

Technologické zařízení ve kterém se zpracovávají materiály nebo odpady organického původu se nazývají bioplynové stanice. Principem je zpracování biomasy v reaktorech pomocí řízeného procesu anaerobní digesce, což znamená že mikroorganismy rozkládají organický materiál bez přísunu vzduchu. Organické odpady a energetické plodiny zpracovávány řízenou anaerobní digestací jsou z hlediska ekologie velmi perspektivní způsob. Anaerobní digestaci lze také definovat jinými podobnými termíny – metanová fermentace, metanové kvašení, anaerobní fermentace podobně.

Cílem anaerobní digesce je vytvoření bioplynu, který se dělí na digestát (po vyhnití zbude hmota) a fugát (po vyhnití zbude tekutina). Výhřevnost bioplynu se pohybuje v závislosti na obsahu metanu, která se pohybuje v 55 – 70%, výhřevnost je 18 – 26 MJ/m³. Digestát lze použít jako kvalitní hnojivo, zatím co fugát bývá odváděna do čističky odpadních vod.

Takto vyrobený bioplyn v bioplynové stanici se následně spaluje v kotlích. Teplem které vznikne v kotli můžeme ohřívat vodu, nebo vytápět budovu. Existují zařízení které umožňuje kombinovanou výrobu tepla a elektřiny. Toto zařízení je známo jako kogenerační jednotka. Momentálně je postaveno na území ČR více jak 300 těchto stanic. A momentální trend napovídá že do roku 2015 by na našem území mohlo fungovat přibližně 400 stanic.

V Evropě mají bioplynové stanice tradici, zvláště pak Německo, které provozuje přes 3500 bioplynových stanic. Německé stanice jsou převážně komunálního typu, který využívá jejich dobrý systém zacházení s odpadem. Ve velké míře využívá bioplyn Švédsko, kde se dokonce využívá bioplyn pro pohon vozidel. Taktéž Dánsko ve velké míře využívá bioplyn, jejich bioplynové stanice jsou centralizované se svozem odpadu.

3.6.1 Bioplyn

Během metanového kvašení organického materiálu vzniká plyn, který je složen hlavně z metanu (CH₄) a oxidu uhličitého (CO₂).

Celý proces probíhá v několika fázových stupních, během kterých dochází k rozkladu organických látek a následnému vzniku bioplynu. Všechny fáze mohou trvat až 30 dnů, při teplotě 37°C. Také nesmí být proces vystaven vzduchu a kyslíku.

Bioplyn se skládá ze směsi CH₄, CO₂, H₂, H₂S a nepatrného množství vodní páry. Největší podíl má metan. Průměrné složení je vyobrazeno na Obr. 3.10.

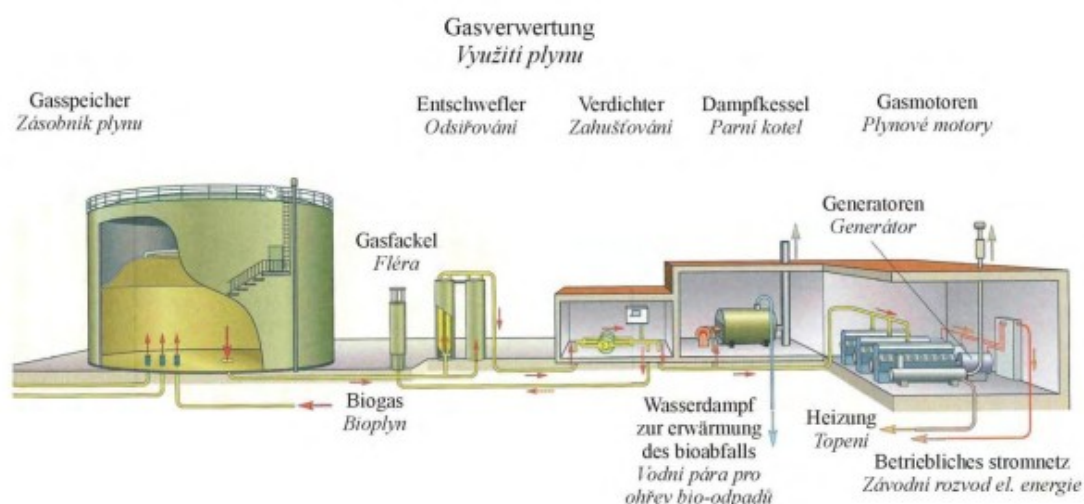
<i>Složka</i>	<i>Obsah v %</i>
<i>Methan- CH₄</i>	<i>45 - 75 %</i>
<i>Oxid uhličitý CO₂</i>	<i>25 - 48 %</i>
<i>Vodík H₂</i>	<i>0 - 3 %</i>
<i>Sulfan H₂S</i>	<i>0,1 - 1 %</i>
<i>Dusík</i>	<i>1 - 3 %</i>
<i>Amoniak</i>	<i>stopy</i>

Obr. 3.10 Složení bioplynu

Bioplyn lze využít čtyřmi metodami:

- Přímé spalování k výrobě tepla
- Kombinovaná výroba tepla a elektrické energie
- Výroba pohonných hmot
- Energetické využití bioplynu

Výroba bioplynu ztělesňuje pozoruhodnou rezervu energetiky a měla by se jí věnovat zvýšená pozornost.



Obr. 3.11. zařízení na využití bioplynu

3.6.2 Provoz bioplynové stanice

V bioplynové stanici se ve vzduchotěsném reaktoru zahřívá biomasa na provozní teplotu, kde setrvává přesně určený čas. Podle druhů kmenu bakterie je zvolena optimální teplota. Bioplyn který vzniká v reaktoru je odváděn do zásobníku a upravován pro další použití – spalování, u kterého je výsledná energie vytvořené teplo, nebo při užití kogenerační jednotky teplo i elektřina.

Během metanového kvašení musí být zaručeny vhodné podmínky pro život mikroorganismu. Anaerobní prostředí by mělo být bez přítomnosti vzduchu a kyslíku s dostatečně velkou vlhkostí (minimálně 50%), hodnota pH by se měla pohybovat v rozmezí 6,5 – 7,5. Taktéž je důležitá stálá teplota. Tato ověřená technologie zajistí bezproblémový chod bioplynové stanice. Nevýhodou těchto stanic je nežádoucí zápach v okolí stanic.

3.6.3. Dělení stanic

Máme tři základní druhy stanic: zemědělské (zpracovává plodiny ze zemědělské výroby), průmyslové (zpracovávají různé materiály např. kaly z čističek odpadních vod, krev z jatek atd.) a komunální (zpracovává komunální bioodpady i odpady z domácností).

Na území ČR. Jsou nejvíce zastoupeny bioplynové stanice zemědělské, jiné druhy jsou zastoupeny jen velmi vzácně. Rozvoj komunálního typu brání hlavně nedostatky ve zpracování komunálního odpadu.

Zemědělská bioplynová stanice- jsou u nás zastoupeny v nejhojnějším počtu. Vstupy tvoří statková hnojiva a energetické plodiny. Často jejich výstavba probíhá v areálech zemědělských provozů. Jedná se o koncepčně jednodušší zařízení než je tomu u ostatních bioplynových stanic.

Na žádost Ministerstva zemědělství ČR byla zpracována Českým sdružením pro biomasu tzv. Desatero příprav bioplynových stanic, které uvádějí zásady pro zprovoznění kvalitního zařízení

1. precizní příprava projektů,
2. dostatek kvalitních surovin,
3. výtěžnost bioplynu,
4. spolupráce s místní samosprávou,
5. spolehlivá a ověřená technologie,
6. optimalizace investičních nákladů,
7. volba kogenerační jednotky,
8. využití odpadního tepla,
9. nakládání s digestátem,
10. Další

Průmyslové bioplynové stanice zpracovávají jen anebo zčásti rizikové vstupy. Mezi tyto vstupy patří jateční odpady, kaly z různých provozů a podobně. Na toto zařízení jsou kladeny větší požadavky na technologii a hlavně na dodržování hygienických zásad, které minimalizuje rizika z použitých vstupů.

Komunální bioplynové stanice se zaměřují na zpracování komunálního bioodpadu . komunální bioodpad se skládá z odpadu údržby zeleně, vytríděný bioodpad z domácností a stravovacího provozu. Komunální stanice mají technologicky složitější proces při zpracovávání vstupu. Nežádoucí je také zápach odpadu, proto se klade důraz nato aby byla zápachová zátěž minimalizována, k tomu slouží uzavíratelné haly s čističkou vzduchu.

3.6.4 Kogenerace pomocí plynových spalovacích motorů

Kogenerace znamená v principu využití jak tepelné energie tak elektrické. Na rozdíl od běžných elektráren, kogenerační jednotky využívají odpadní teplo k ohřevu vody, která se následně může použít jako medium při vytápění. Kogenerační jednotky můžeme nejčastěji najít v městských a průmyslových teplárnách, ve spalovnách komunálního odpadu, nebo v bioplynových stanicích. Podle toho kde chceme kogenerační jednotku použít ji můžeme vybavit například parní turbínou, spalovací turbínou a spalovacím motorem.

Kogenerace, která se provádí kogenerační jednotkou je dnes zcela běžná záležitost, jako palivo pro plynové motory se hlavně používá zemní plyn, bioplyn, nebo důlní plyn. Tyto jednotky se vyrábějí ve výkonové řadě od 200 kW až do 5MW. Můžeme je instalovat všude, kde jsou zapotřebí menší instalované výkony, třeba v nemocnicích, hotely, průmyslové provozy. U

bioplynových spalovacích stanic se využívají motory o výkonech 250 až 1000 kW, které spalují bioplyn.

Při provozu KGJ je důležité dbát na hladinu metanu ve směsi, protože když hladina metanu klesá, tak se snižuje rychlost laminárního plamene a to vede ke zhášení motoru během provozu, což vede ke snížení účinnosti a životnosti spalovacího motoru.

Při provozu KGJ by se měli dodržet tyto podmínky:

1. Teplota plynu
2. Tlak plynu
3. Výkyvy tlaku
4. Vlhkost plynu
5. Spád potrubí

Než plyn vstoupí do KGJ neměl by mít víc jak 40 °C. Pokud tuto teplotu vstupující plyn přesáhne dochází k teplotnímu namáhání, což může vést k netěsnostem z důvodu poškození membrán.

Elektrická energie se získává přeměnou mechanické energie a to zlomocí elektromagnetické indukce v elektrickém generátoru. V KGJ můžeme spatřit jak synchronní tak asynchronní generátory. Účinnosti KGJ se pohybují v rozmezí 80 až 90% a tepelná účinnost ku elektrické bývá často 5:4, ale u některých typu lze tento poměr zvednout až na 1:1.

4. Zpětné vlivy

Zpětné vlivy u výroben elektrické energie bývají kontrolovány v místě připojení a to z důvodu vyvarování se harmonického rušení elektrických zařízení ostatních odběratelů a porušení elektromagnetické kompatibility řídicích zařízení.

Když se připojují další zdroje OZE a zvláště pak velké větrné parky, může docházet k situacím, jenž není v PPDS úplně jasně definován. Z těchto důvodů se musí ke všem případům jednotlivě, zvláště u zdrojů které jsou připojeny do kapitoly v PPDS. Před připojením nového zdroje do distribuční soustavy, si musí projít schvalovacím procesem a studiem připojitelnosti, při kterém je analyzován jeho zpětný vliv na elektrickou soustavu. Při zapojování zdroje malého výkonu, nemusíme tuto studii připojitelnosti absolvovat v závislosti na místě připojení, provozního režimu a v závislostech na charakteru zdroje. V tomto případě musí příslušné PDS souhlasit.

Studie připojitelnosti má podobu technické zprávy, která se zabývá a klasifikuje jeho vliv na síť a způsob vyvedení výkonu nového zdroje. Kontrolován je vliv na změnu napětí vyšší harmonické, která se vyvolá připojením zdroje. Momentální PPDS určuje pár hlavních předpokladů, proto aby nově připojený zdroj nezhoršoval svým působením momentální provozní podmínky. Nový zdroj musí splnit základní kritéria, kterými jsou :zatěžování sítě a transformace dále pak musí splnit kritérium spolehlivosti (N-1). Obzvláště problematické jsou OZE druhu VTE a FVE, u kterých je vliv na soustavu sítě větší. Když bude poměr zkratového výkonu sítě ke jmenovitému výkonu celé připojované výroby větší než 500, je možno kontrolu vynechat. Ale u zdrojů větších výkonů, se musí předložit certifikát o zpětných vlivech. Také může předložit protokol uznávaného zkušebního institutu.

Samostatné zdroje jsou pak posuzovány a vyhodnoceny následující kritéria zpětných OZE na síť:

- Změna napětí vlivem trvalého připojení nové výroby
- Změna napětí při spínání zdroje
- Zpětné vlivy na napájecí síť (generace flikru, vyšších harmonických, rušení signálu HDO)

Zdroje pracující v širokém pásmu pracovních režimů, zvláště při připojení OZE druhu VTE a FVE, může se stát situace, která není v PPDS jasně definována. To může vést až ke sporům provozovatelem sítě a provozovatelem výroby.

4.1. Změna napětí v přípojném místě vlivem trvalého připojení OZE k DS

Obecné pravidlo pro připojovanou jednotku říká, že zvýšené napětí vyvolané provozem připojených výroben nesmí překročit v přípojném bodě a nejnepříznivějším případě překročit 2 % pro výroby s přípojným místem v síti vn a 110 kV ve srovnání s napětím bez jejich připojení, to znamená:

$$\Delta U_{vn110\text{ kV}} \leq 2\%$$

Pro zdroj s místem připojení do sítě vn je dovolena změna napětí:

$$\Delta U_{nn} \leq 3\%$$

Tato podmínka zabraňuje většímu vychýlení napětí v síti a také napomáhá s řízením a stabilitou napětí ve všech uzlech sítě v dovolených mezích. Z praxe je patrné, že nejméně vhodný

stav nastává v letních měsících, když je snižena spotřeba energie a DS prochází údržbou. Z toho vyplývá že nejsou v úplném hlavním zapojení, které vede ke snížení přenosové schopnosti sítě a tím pádem dochází ke změnám napětí v jednotlivých uzlech. V této době se nejvíce projevuje nekonstantní výroba elektřiny z OZE zvláště typu VTE a FVE. V tomto období často překračují dovolené hodnoty napětí v připojeném uzlu.

Dále PPDS stanovuje dovolenou změnu napětí v přípojném místě, při provozu nového zdroje v nejnepříznivějším stavu na hladině NN a VN kde srovnává stav bez připojeného nového zdroje OZE.

4.2. Změna napětí v přípojném místě při spínání nového zdroje

Tato podmínka zabráňuje velkým výchylkám napětí od normální hodnoty v připojeném uzlu vlivem připojení nového zdroje. Významem je předejít dopadu vlivu připojení popřípadě odpojení zdroje na koncového odběratele z důsledku velkého kolísání napětí. Kontrola se uvažuje pro nejhorší případ, kdy dochází k ovlivnění nejvíce odběratelů. Zvláště důležité je toto pravidlo pro připojování velkých větrných parků, obzvláště když při připojení celého VP tuto podmínku nesplní. Z praxe vyplývá že takové případy se často nevyskytují a kvůli toho je to ze strany PDS většinou akceptováno, nebo se omezí maximální výkon, který je možný připojit k síti.

Připojení nového zdroje k síti popřípadě od sítě je podle PPDS uskutečnitelný jen za podmínek, že připojení nevyvolá v místě připojení změnu napětí vyšší v sítích VN než:

$$\Delta U_{vn} \leq 2\%$$

A v sítích nn

$$\Delta U_{nn} \leq 3\%$$

Tyto podmínky platí jen když nedochází ke spínání / vypínání v delších intervalech než jednou za 1,5 minuty. Ale OZE charakter je velmi nepředvídatelný a kvůli toho dochází k neustálému spínání a rozpínání zdroje od sítě. Z tohoto důvodu PPDS doplnila část určenou pro VTE, kde tyto výrobní zapojené do 110 kV sítě nesmí svým spínacím procesem překročit tyto parametry:

- A. Během normálního provozu se připojením jedné jednotky nesmí vyvolat změna v přípojném uzlu vyšší než

$$\Delta U_{max} \leq 0,5\%$$

- B. Když se připojuje celý větrný park, platí stejná omezení jako u konvenčních zdrojů v síti

$$\Delta U_{max} \leq 2\%$$

- C. Při poruchovém stavu, když připojíme celý VP nesmí být úbytek napětí v místě připojení větší než 5%

$$\Delta U_{max} \leq 5\%$$

V praxi nedochází k situacím u kterých by byly zapojeny všechny jednotky najednou do ES. Běžně dochází že se výrobní jednotky připojují postupně pomocí automatiky, která naměří dostatečné větrné podmínky k připojení do ES. Mnohem horší varianta nastane, když je v lokaci překročena maximální konstrukční rychlost větru. Poté musí dojít k hromadnému odpojení veškerých VTE. Tím pádem může dojít k porušení podmínky B. Ale PDS bývá často v těchto situacích mírná dovolí připojit VP za předpokladu postupného připojování větrných turbín.

4.3. Generace flikru

Kvůli výkonová elektronice obsažené v OZE typu VTE/FVE, je potřeba také při zapojování provést kontrolu vlivu dlouhodobého flikru na DS. Nově připojený zdroj nesmí překročit v sítích 110kV mezní hodnotu dlouhodobého flikru která je:

$$P_{tres} = \sqrt{\sum_i P_{lti}^2}$$

Když vezmeme v úvahu VP tak lze provést výpočet P_{lt} podle vztahu:

$$P_{ltres} = \sqrt{n} \cdot P_{lt} = \sqrt{n} \cdot c \cdot \frac{S_{nE}}{SkV}$$

kde n je počet větrných turbín, P_{lt} je dlouhodobá míra flikru jedné větrné turbíny, c je činitel flikru, stanovený ve zkušebním protokolu VTE, S_{nE} je jmenovitý zdánlivý výkon generátoru VTE a SkV je zkratový výkon v přípojném bodě.

4.4. Proudů vyšších harmonických

Při využívání zařízení, které obsahuje hlavně střídače a měniče frekvence, musíme počítat se vznikem vyšších harmonické. Hlavně tato zařízení jsou obsažena v OZE druhu VTE/FVE, proto je důležité se touto problematikou zabývat. Vývoj na poli těchto součástek v posledních letech, umožnil daleko dokonalejší regulační možnosti.

Maximální možná hodnota vyšších harmonických proudů v předávacím místě v síti 110 kV se určuje jako součin vztažných proudů a zkratovým výkonem v hromadném napájecím bodě sítě SkV.

$$I_{v,\mu zul} = i_{v,\mu zul} \cdot S_{kV}$$

Jestliže je v napájecím místě připojeno více výrobních jednotek, je velikost dovolených vyšších harmonických proudů do 13tého řádu pro samostatná zařízení stanovena podle vzorce:

$$I_{v,\mu zul} = i_{v,\mu} \cdot S_{kV} \cdot \frac{S_A}{S_0}$$

Při meziharmonické a harmonické vyššího řádu platí vzorec:

$$I_{v,\mu zul} = i_{v,\mu} \cdot S_{kV} \cdot \sqrt{\frac{S_A}{S_0}}$$

Kde S_A je zdánlivý výkon daného zařízení a S_0 zdánlivý referenční výkon.

Referenční zdánlivý výkon je roven meznímu tepelnému výkonu části vedení 110 kV za předpokladu že je jednotka vyvedena do části s úsekem vedení. Ale nastane-li případ kdy je jednotka vyvedena přímo do rozvodny 110 kV je S_0 rovna jmenovitému zdánlivému výkonu výroby.

Řád ν, μ	Přípustný vztažný proud harmonických $i_{\nu\mu}$ v A/GVA
5	2,6
7	3,75
11	2,4
13	1,6
17	0,92
19	0,7
23	0,46
25	0,32
>25 nebo sudé	5,25/ ν
$\mu < 40$	5,25/ μ
$\mu < 40^3$	16/ μ

Obr. 4.1. Přípustná velikost vztažných proudů harmonických

4.5. Vliv na Hromadné Dálkové ovládání (HDO)

Výrobna má vliv na HDO jen když je připojena na stejné napěťové hladině jako vysílač, pak se posuzuje vliv výroby. Zdroje OZE zvláště pak VTE a FVE způsobují tlumení signálu HDO a proto se pro udržení potřebné požadované hladiny signálu zvyšuje výkon vysílače. Při posuzování vlivu OZE na signál HDO se vychází z jmenovitého proudu vysílače. Nové zdroje, které jsou připojovány mimo přípojnice s vysílačem HDO, nesmí způsobit větší útlum signálu než je 5% momentální hladiny signálu HDO.

4.6. Limity připojitelnosti

Limity připojitelnosti můžeme hodnotit ze dvou hledisek. Podle provozu sítě a řízení a podle kapacity sítě ES ČR. Nejdříve se hodnotí schopnost sítě vyvést bezpečný výkon všech dostupných zdrojů a zajistit stabilní chod soustavy. Zadruhé musíme brát v potaz poměr kde jsou zastoupeny jednotlivé typy zdrojů, aby soustava zvládala mnoho dalších zdrojů OZE, ale aby zvládla udržet stabilitu soustavy a bilanční rovnováhy při kolísání dodávky výkonu OZE zvláště pak VTE a FTE.

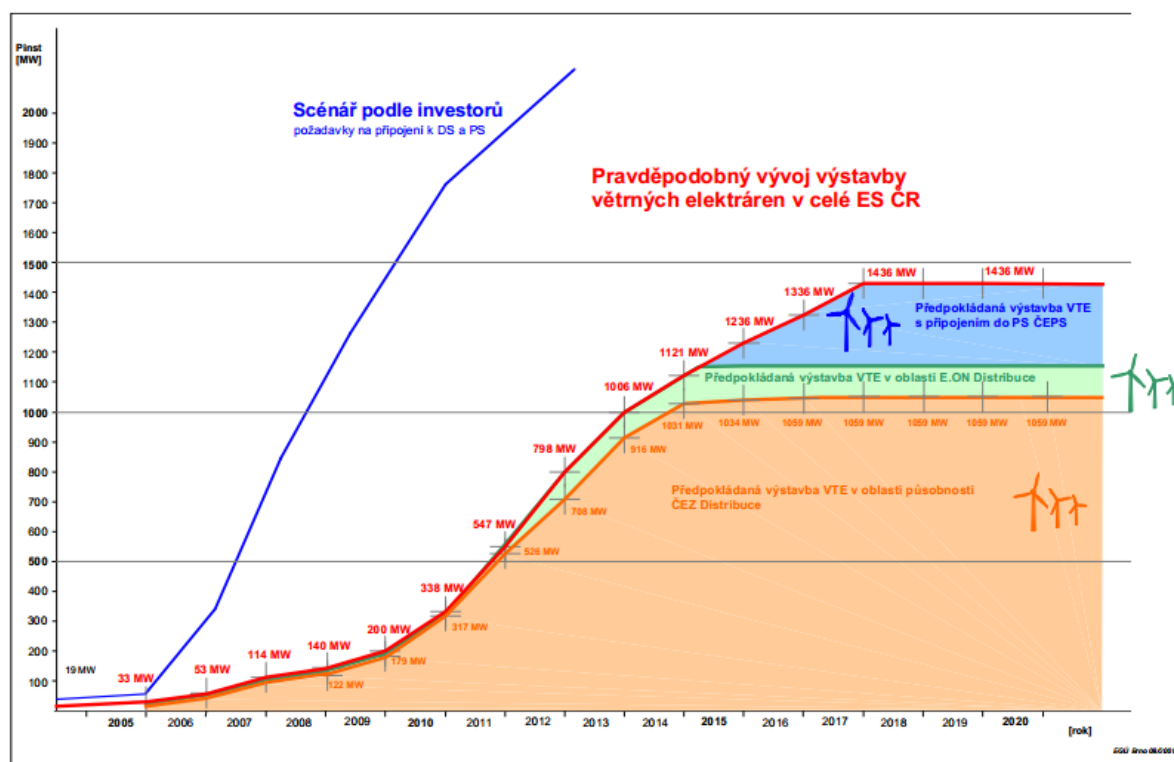
5. Předpokládaný rozvoj VTE a FVE v ES ČR

Momentálně se energetika rozvíjí s neobvyklou dynamikou. Následující Obr. 7.1. ukazuje možný scénář rozvoje VTE v ES ČR do roku 2020. V grafu jsou barvami označeny předpokládané výkony v Jednotlivých distribučních společnostech. Modrá označuje požadavky investorů.

Z grafu vyplívá strmý nárůst instalovaného výkonu v letech 2010 až 2013, kvůli stavbě větších větrných parků připojených do sítí 110 kV. Určité nasycení výstavby se očekává kolem roku 2015.

Kolem roku 2020 se předpokládá, že výkon který bude instalovaný ve VTE v ES ČR překročí 1400 MW. Z toho plyne že, reálně využitelný potenciál větru v ČR bude využíván přibližně z 50%.

Kvůli přípravných projektových prací a ekologickým řízením dochází ke skluzu výstavby projektů.



Obr. 7.1 Očekávaný vývoj instalovaného výkonu VTE v ES ČR

6. Trendy OZE

V poslední letech byl vývoj OZE velmi razantní, což vedlo ke zmenšení měrných investičních nákladů a zároveň k navýšení ekonomické efektivity zařízení, které vyrábějí elektrickou energii.

Ve fotovoltaickém segmentu to mělo za následek snížení cen solárních panelů. To také vedlo k velkému nárůstu projektů na další tyto zdroje a vláda musela omezit státní podporu. U segmentu větrných elektráren nedošlo k takovému razantnímu vývoji, ale po téměř 40 letech vývoje je patrný nárůst efektivity těchto zařízení.

Tyto OZE jsou závislé na klimatických podmínkách a tedy nelze zaručit jejich nepřerušovaný chod. Taktéž velké zastoupení OZE v naší síti se projevuje jejím velkým zatěžováním, kdy je nutné přistoupit k posílení nebo vybudování některých linek.

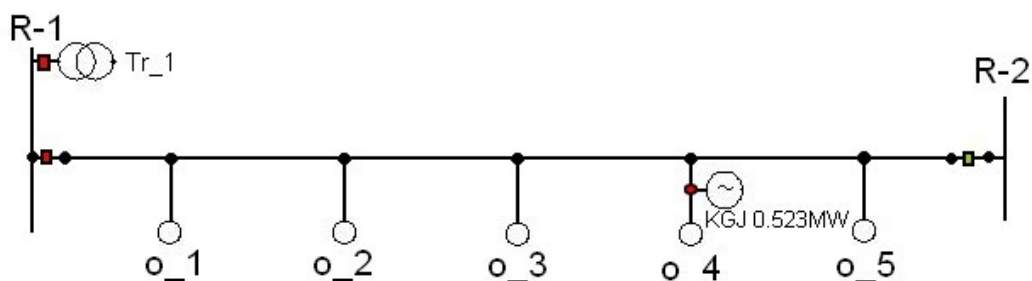
Velký rozvoj v posledních letech také zaznamenaly bioplynové stanice, které nejsou tak závislé na aktuálních klimatických podmínkách. Uplatňují se především v zemědělských podnicích, které mají výměr přesahující 500 ha. Podniky, které hospodaří na méně než 500 ha, není BPS tak výhodná, protože nedokáží obstarat dostatek materiálu na provoz BPS. Intenzivní vývoj v tomto odvětví povede k efektivnějším procesům při výrobě bioplynu a jejím spalování v KGJ, to umožní výstavbu BPS v podnicích, které mají menší výměr. Momentálně dochází k realizaci mnoha projektů a jejich připojování do ES ČR, proto se v následující kapitole věnuju vlivu KGJ z hlediska úbytku napětí na síť.

6.1. Výpočet úbytku napětí na vedení s KGJ

Předmětem tohoto výpočtu je posoudit vliv bioplynové stanice KGJ-526 kW z hlediska úbytku napětí na distribuční síť.

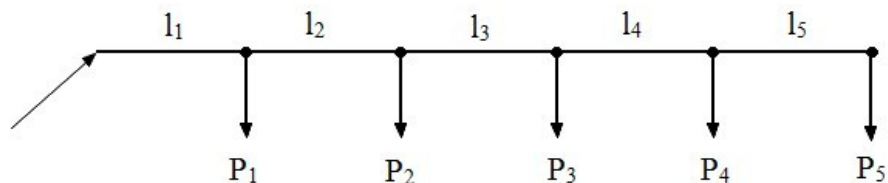
Výpočet je prováděn metodou konstantního průřezu a jsou uvažovány že všechny průběhy mají sinusový průběh a dále je uvažována symetrická zátěž. Průřez vodiče 10mm^2 , $X_k = 0,3 \Omega/\text{km}$

Výpočet je proveden v základním stavu (tj. VN, R-1, vypínač ve vývodu VN, R-2 vypnutý). Jak je patrné na schématu.



Při napájení z jedné strany si lze síť zjednodušit. Nejprve si vypočteme úbytek napětí bez zapojené kogenerační jednotky.

A)



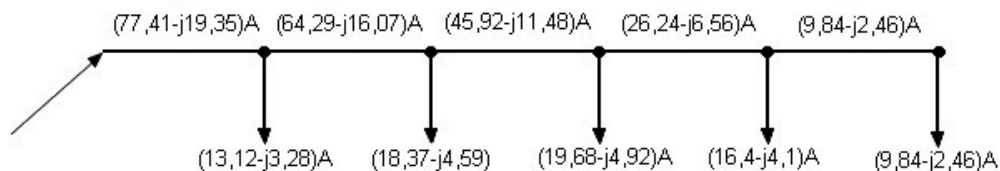
Délky jednotlivých úseků vedení jsou uvedeny v tabulce:

	l_1 (m)	l_2 (m)	l_3 (m)	l_4 (m)	l_5 (m)
Délka vedení	832	325	97	670	512

Odebírané výkony, $\cos\varphi$, I_{ξ} , I_j

	P (MW)	$\cos\varphi$ (-)	I_{ξ} (A)	I_j (A)
P₁	0,5	0,97	13,12	3,28
P₂	0,7	0,97	18,37	4,59
P₃	0,75	0,97	19,68	4,92
P₄	0,625	0,97	16,4	4,1
P₅	0,375	0,97	9,84	2,46

Rozložení proudu na vedení:



Příklad výpočtu odebíraného proudu:

$$I_{\xi 1} = \frac{P_1}{U_s \cdot \sqrt{3}} = \frac{500000}{22000 \cdot \sqrt{3}} = 13,12 \text{ A}$$

$$I_{j1} = I_{\xi 1} \cdot \tan\varphi = 13,2 \cdot \tan(14,07) = 3,28 \text{ A}$$

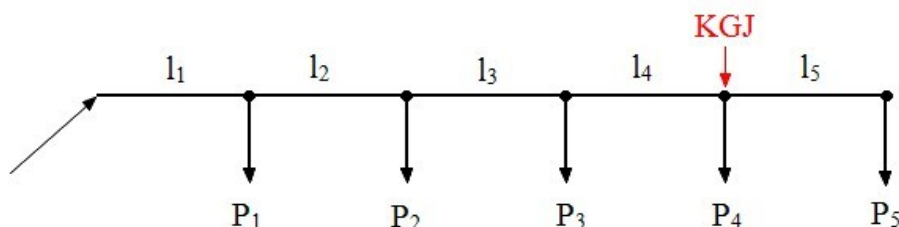
Výpočet úbytku napětí na konci vedení:

$$\Delta U_z = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho}{S} \cdot \left(\sum l_i \cdot I_{\xi i} \right) + \sqrt{3} \cdot X_k \cdot (l_i \cdot I_{ji})$$

$$\Delta U_z = \frac{\sqrt{3}}{10 \cdot 33} \cdot (512 \cdot 9,87 + 670 \cdot 26,24 + 97 \cdot 45,92 + 325 \cdot 64,29 + 832 \cdot 77,41) + \sqrt{3} \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot (512 \cdot 2,46 + 670 \cdot 6,56 + 97 \cdot 11,48 + 325 \cdot 16,07 + 832 \cdot 19,35) = 604V$$

Největší úbytek napětí činní 604 V, což je 2,74% změna napětí oproti jmenovité hodnotě.

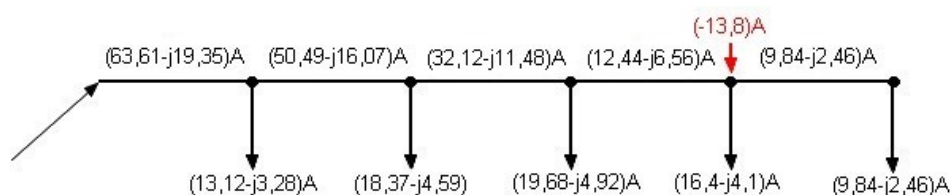
B)



Připojení KGJ je ekvivalentem pro synchronní stroj 526 kW, $\cos\varphi = 0,8-1$.

	P (MW)	Cosφ (-)	I _k (A)	I _j (A)
P ₁	0,5	0,97	13,12	3,28
P ₂	0,7	0,97	18,37	4,59
P ₃	0,75	0,97	19,68	4,92
P ₄	0,625	0,97	16,4	4,1
P ₅	0,375	0,97	9,84	2,46
KGJ	-0,526	1	-13,8	0

Rozložení proudu s připojenou KGJ je znázorněn na obrázku:



Výpočet úbytku napětí:

$$\Delta U_z = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho}{S} \cdot \left(\sum l_i \cdot I_{ki} \right) + \sqrt{3} \cdot X_k \cdot (l_i \cdot I_{ji})$$

$$\Delta U_z = \frac{\sqrt{3}}{10 \cdot 33} \cdot (512 \cdot 9,87 + 670 \cdot 12,44 + 97 \cdot 32,12 + 325 \cdot 50,49 + 832 \cdot 63,61) + \sqrt{3} \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot (512 \cdot 2,46 + 670 \cdot 6,56 + 97 \cdot 11,48 + 325 \cdot 16,07 + 832 \cdot 19,35) = 465V$$

Úbytek napětí po připojení KGJ je 465 V, což je úbytek napětí 2,11% oproti jmenovitému napětí. KGJ 526 kW byla připojena s neutrálním účíníkem. Napěťová změna po připojení KGJ má maximální hodnotu 0,65%.

7. Závěr

OZE jsou v dnešní době velmi populární hlavně kvůli nezávislosti na fosilních palivech. Proto je jejich výstavba a provoz podporovaná státem a EU. Avšak velká závislost OZE typu VTE a FVE na klimatických podmínkách je jejich velká nevýhoda, taktéž využívají měniče, které vytvářejí vyšší harmonické. Velmi spolehlivé jsou VE, ale jejich výrobní potenciál už je na našem území naplněn. Velký rozvoj momentálně zažívají BPS. Jejich výhodou je hlavně KGJ, která se chová jako konvenční výrobní elektrárny. Výrobní Potenciál energie z tohoto OZE na území ČR je značný.

Neuvěřitelný zájem o další alternativní zdroje obnovitelné energie je razantní. Investorský sektor přeplňuje všechny regionální distribuční provozovatele žádostmi o zařazení dalších zdrojů do ES ČR. Realizovaná je jen malá část z těchto projektů. Momentální tendence vývoje takových to OZE se intenzivně mění s podobnou různorodostí jako jejich výroba elektrické energie.

Proto, abychom mohli připojit další zdroje do naší sítě DS a PS na napětíovou hladinu 110 kV v ES ČR, je třeba stanovit zbylou kapacitu těchto sítí. Při stanovení této kapacity se kontroluje přenosová schopnost soustavy za podmínky kritéria N-1, což znamená že soustava sítě nebyla úplně zapojena. Analyzovány byly transformátory PS/110 kV, vývodová vedení z napájecích rozvodů a distribuční transformátory a jejich vliv na síť PS/110 kV v případě jejich výpadku. Možný připojitelný výkon dalších OZE do ES v konkrétním místě byl stanoven pro nejhůře možný stav, což znamená při letním minimálním zatížení s maximálním využití momentálních zdrojů energie, poté bylo možné stanovit v síti volnou kapacitu, která zůstala pro možné připojení dalších zdrojů.

Analýza ukázala na to že rozpracovaných projektů, které žádají o připojení dalších zdrojů do sítě je příliš mnoho a to z důvodu překročení dosažitelné kapacity sítě. Proto je důležité následné projekty pečlivě vybírat. Volnou kapacitu sítě nelze brát jako celkovou hodnotu, ale každá oblast má svůj vlastní charakter a odlišné kapacitní rezervy. Při nedostatečné volné kapacitě je zapotřebí popřemýšlet nad možností posílit síť.

Zvýše zmíněného vyplývá, že možnosti sítí a jejich kapacit jsou momentálně omezující prvky pro připojení dalších zdrojů OZE.

Seznam použité literatury:

- [1] Elektrické stanice a vedení, Skripta VŠB-TU Ostrava, 1990: Santarius, P.
- [2] Přenos a rozvod elektrické energie, SNTL, 1989: Hodinka, M
- [3] Přechodné jevy v elektrizačních soustavách, SNTL 1987: Trojánek, Z
- [4] Ochrany pro průmysl a energetiku, SNTL, 1991: Dohnálek P.
- [5] Normy, firemní literature, předpisy a směrnice ČEZu
- [6] Světelná technika, České vysoké učení technické v Praze, 2011: Karel Sokanský, Tomáš Novák, Marek Bálský, Zdeněk Bláha, Zbyněk Carbol, Daniel Diviš, Blahoslav Socha, Jaroslav Šnóbl, Jan Šumpich, Petr Závada
- [7] Studie potenciálu větrné energie ČR a problematika napojení větrných elektráren dodistribuční a přenosové soustavy. Výzkumná zpráva EGÚ Brno, a.s.
- [8] Druhy obnovitelných zdrojů dostupné na <http://www.czrea.org>
- [9] Základní informace o obnovitelných zdroji dostupné na <http://cs.wikipedia.org>
- [10] Popis BPS dostupné na <http://www.nazeleno.cz>
- [11] Funkce BPS dostupné na <http://eon.energieplus.cz/>
- [12] Pravidla BPS dostupné na <http://biom.cz/>